



**Examensarbete inom Lantmästarprogrammet**

# **RÖTRESTTRANSPORT FRÅN EN GÅRDSBASERAD BIOGASPRODUKTION, EN FALLSTUDIE**

## **SLUDGE TRANSPORT FROM A FARM DIGESTER, A CASE STUDY**

**Johan Christensson**

**Handledare: Lantmästare, Hans Gösta Jönsson**  
**Examinator: Universitetsadjunkt, Torsten Hörndahl**

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**LTJ-fakulteten**

**Alnarp 2007**

# FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två-årig högskoleutbildning vilken omfattar minst 80 p. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t ex ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (5 p).

På vår gård Klev i Bohuslän har den senaste tiden funnits planer på att bygga en biogasanläggning. Därför vill jag med denna studie undersöka hur olika transportsätt för rötrest från denna produktion påverkar kostnaden. Många liknande studier görs i slättbyggd och därför ville jag passa på att göra en studie som kan tillämpas i bygder med sämre arrondering. Jag anser inte att tiden som finns till förfogande för denna studie räcker till för att göra en komplett undersökning som kan ligga till grund för en investering men den skall kunna ge en indikation på vad som är viktigt att tänka på samt vad som påverkar kalkylerna mest.

Ett varmt tack riktas till Hans-Gösta Jönsson som varit min handledare till projektet och genom sin erfarenhet bidragit med många bra synpunkter. Jag tackar även Torsten Hörndahl som givit mig råd om upplägg, samt även NSR, Griab, Dahl och WaterBoys som givit mig nyttig information.

Alnarp, maj 2007

Johan Christensson

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING .....	2
SAMMANFATTNING .....	3
SUMMARY .....	4
INLEDNING .....	5
BAKGRUND .....	5
MÅL .....	5
SYFTE .....	6
AVGRÄNSNING .....	6
LITTERATURSTUDIE .....	7
MATERIAL OCH METOD .....	10
TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID TIDTAGNING .....	10
BERÄKNINGAR AV TRANSPORTTIDER .....	11
LEDNINGSNÄTET .....	11
RESULTAT .....	14
DISKUSSION .....	17
REFERENSER .....	19
Bilaga A – Tidsberäkning mellan olika referenspunkter .....	1
Bilaga B – Beräkning tidsbesparing .....	2
Bilaga C – Rörledningens del- och totalsträckor .....	4
Bilaga D – Västra delen .....	5
Bilaga E – Östra delen .....	6

## SAMMANFATTNING

Gården som jag har genomfört det här projektet på är Klevs Gård i Bohuslän. Gården har idag en djurproduktion med slaktsvin och värphöns samt en växtodling. Från djuren produceras knappt 2000 m<sup>3</sup> gödsel om året och växtodlingen omfattar 250 hektar. Man har på senare år funderat på att bygga en biogasanläggning som skall köras på djurens gödsel och på vallensilage. Den stora mängd rötrest som då blir måste ju transporteras och spridas på något sätt. Därför väljer jag att titta på själva transporten av rötresten och vill jämföra vägtransport med pumpning i rörledning.

Det grundläggande vid gödseltransport och rötresttransport är att man måste ha en viss hastighet i ledningen för att inte separation skall ske. Man måste även beakta de högre tryckförluster som uppkommer vid gödsel- och rötresttransport, jämfört med vid vattentransport. Jag har även tagit in priser på vad olika rör och slangar kostar för att kunna beräkna vad ett rörsystem skulle kosta.

För att ta reda på vad vägtransporten skulle kosta, så genomförde jag en tidsstudie, där jag registrerade den tiden det tog att köra olika sträckor på gården. Sedan räknade jag ut vad den sammanlagda transporttiden skulle bli om man skulle transportera all rötrest på väg. Jag räknade även ut vad kostnaden skulle bli per år om man skulle pumpa samma mängd rötrest. Sedan jämförde jag dessa kostnader för att se om det var lönsamt eller ej.

Det jag kom fram till var att det är mycket svårt att räkna hem ett fullt utbyggt rörsystem på en gård med så dålig arrondering. Där emot kan det vara mycket intressant att bygga en ledning den första biten, där den största mängden gödsel transporteras och där lägga ett mellanlager som används för vidare transport. Man bör alltså innan en investering räkna på var man kan spara in de största kostnaderna och investera i ledningar utifrån det.

## SUMMARY

The farm that I have implemented this project on is Klevs farm in Bohuslän. The farm has today an animal production with pigs and hens for egg production. The farm is also farming common crops. The crop area is about 250 hectare. The farms owner has on later years speculated to build a digester that he will feed with manure from the animals and silage. That large amount of sludge that will be produced must of course be transported and it has to be spread in one way or another. Therefore, I choose to study the transport of the sludge and I want to compare the road transport with the pipeline transport.

The fundamental when you transport manure and sludge is that the material you transport in the pipe must have a certain speed in order to not separation will happen. You must also take into consideration the higher pressure losses that arise at manure - and sludge transportation, compared with water transport in pipes. I have also investigated what different types of tubes and hoses costs. I later use those prices to calculate what the pipeline-system will costs.

In order to investigate what the road transport will cost, I did an extensive time study and there I registered the time it took to drive various stretches on the farm. Later I calculated what the total travel time will be if all of the sludge will be transported on the road. I also calculated what the costs will be if I pump the same amount of sludge. Finally I compared these two costs with each other to decide the most economical system.

The result I found was: It is very hard to build a complete pipeline-system on a farm like Klevs farm. There towards it can be interesting to build a pipeline the first part from the digester, there the biggest amount manure is transported. In the end of this pipeline the best thing to do is to build an interlayer that is used for further transport. When you have plans to build a pipeline system it is important to calculate and think about where on the farm you can save the biggest costs and then make the investment in the system.

# INLEDNING

## BAKGRUND

Jag är uppväxt på Klevs Gård utanför Bovallstrand i Bohuslän. Gårdens drift omfattas av en växtodling på 250 ha samt en djurproduktion med 6000 värphöns och 2500 slaktsvin per år. Arronderingen är mindre god och medelarealen på skiftena är knappt 4 ha. Grödorna som odlas är i huvudsak stråsäd men även lite oljeväxter och trindsäd förekommer. På senare år har man konstaterat att den stora andelen stråsäd i växtodlingen bidragit till lägre skördar. Därför behövs fler avbrottsgrödor för att åter höja skördarna och lönsamheten i växtodlingen.

Mitt stora intresse för energiproduktion och biogasproduktion har gjort att jag vill undersöka på vilket sätt man transporterar biogasrötrest på billigaste sätt från ovan nämnd gård. Idag transporteras all gödsel från djurproduktionen med en 12 m<sup>3</sup> stor flytgödseltankvagn och man vill inte ha tyngre fordon med tanke på de stora regnmängder som faller på våren, då jorden är mycket packningskänslig. Vid en biogasproduktion har jag räknat att förutom gödseln från djurproduktionen även kunna använda grönmassa från ca 50 ha vall. Alltså kommer ca 1/5 av gårdens areal ligga som vall vilket skulle förbättra jordstruktur och näringsbalans betydligt. I stället för dagens 1600 m<sup>3</sup> gödsel kommer 7300m<sup>3</sup> rötrest att behöva transporteras ut, där både rötad gödsel och grönmassa ingår, alltså drygt 4 gånger mer än idag. Man har tidigare på gården gjort kortare studier om det kan vara lönsamt att pumpa ut gödseln genom matarslangsystem men då funnit att arronderingen varit för dålig samt att gödselmängden man producerat per år varit för liten. Man har idag rätt höga underhållskostnader för däck när man transporterar gödseln längre sträckor på väg och även detta är ett skäl för att söka andra alternativ.

## MÅL

I denna studie vill jag alltså undersöka vad som krävs om man fyrdubblar gödselmängden som skall spridas per år genom att bygga en biogasanläggning. Kommer det bästa alternativet även i fortsättningen att vara transport av rötresten i en flytgödseltankvagn eller blir det billigare att gräva ner ledningar ut till fältkanterna för att spara tid och pengar? Detta är den största frågeställningen jag har med detta arbete. Jag skulle även vilja se lite kort vad som händer om man separerar gödseln och kör ut den fasta delen med en fastgödselspridare och den blöta delen i en slang. Detta skulle kunna leda till att investeringskostnaden för slangsystemet blir billigare då det går lättare att pumpa rötrest med låg torrsustanshalt. Alltså behövs mindre pumpar och klenare slangar. Jag skulle även vilja få ett samband mellan transportavstånd, arealer och gödselmängd som beskriver om det är lönsamt eller ej att pumpa ut gödseln till fältet

istället för att köra ut den med tankvagn, alltså som gäller generellt. Dock ser jag svårigheter med detta då det finns väldigt många faktorer som påverkar kostnaden. Målet är dock att kunna dra någon eller några generella slutsatser.

## **SYFTE**

Syftet med studien är främst att på den aktuella gården kunna bestämma vilken spridningsmetod man skall använda om det byggs en biogasanläggning. Även andra gårdar som går i liknande tankar och som har liknande förutsättningar skall med fördel kunna ta del av resultatet.

## **AVGRÄNSNING**

Jag kommer i första hand koncentrera mig till den egna gården och göra beräkningar och tidsstudier där ifrån. Jag kommer att lägga den största vikten på att se vad man sparar om man gräver ner ledningar till fältkant istället för att transportera gödseln dit med tankvagn. Om sedan själva spridningen sker med tankvagn eller med matarslangsystem tänker jag lägga mindre vikt vid. Med tanke på gårdens arrondering och många små skiften tror jag det är omöjligt att sprida stora delar av arealen med matarslangsystem utan här kommer även i fortsättningen tankvagn vara det bästa alternativet. Mycket vikt kommer att läggas på beräkningar av tidsåtgång för transport till olika platser.

## LITTERATURSTUDIE

Transport av flytgödsel är betydligt svårare att utföra än vattentransport. Detta beror på en rad olika faktorer. En faktor som gör att gödsel inte beter sig som vatten är att vid TS-halter över 3-5 % blir gödseln en så kallad "Icke-Newtonska" vätska. Med detta menas att de skjuvspänningar som uppstår i vätskan vid transport inte är linjärt ökande med ökande hastighet. Vid vilken TS-halt detta uppkommer är främst beroende på vilken slags gödsel man har. Tidsfaktorn är också av betydelse. Ju längre tid man pumpar gödseln, ju lägre blir motståndet i den. Detta beror på att sönderdelning av klumpar sker vid transport och då minskar friktionen. När man slutat pumpa, återgår gödselns flytegenskaper i stort sett till utgångsläget. Även temperaturen inverkar på flytegenskaperna, då ökad temperatur innebär förbättrade flytegenskaper. Andra parametrar som påverkar flytegenskaperna är partikelstorleken och partikelfördelningen hos gödseln. Även foderstaten har stor betydelse för hur lätthanterlig gödseln blir, då främst hos nötkreatur (Iwars, 1992).

Vid dimensionering av ett rörsystem för gödseltransport är det flera olika saker att tänka på. Man måste först bestämma vilket flöde rörsystemet skall kunna leverera. Om systemet skall jobba mot ett större mellanlager kanske flödet inte behöver vara så högt som om systemet skall jobba direkt mot en flytgödselspridare. När man bestämt vilket tryck och flöde man vill ha vid slutpunkten får man där efter beräkna de tryckförluster som systemet ger. Detta för att slutligen kunna montera en lämplig pump vid sitt gödsellager. Tryckförlusterna beror på följande faktorer.

- Gödselns flytegenskaper (TS, gödselslag, strömängd, temperatur, sammansättning)
- Rörledningens längd
- Rörledningens dimension
- Antalet böjar, kopplingar och hydranter samt deras utseende.
- Flödet genom ledningen
- Höjdskillnaden mot gödsellagret

Man bör även beakta vissa minimihastigheter på gödseln vid rörtransport för att undvika sedimentering i rören (se tabell 1). Dessa minimihastigheter är olika beroende på vilken typ av gödsel man skall transportera. För höga hastigheter kan också vara negativt, då en onödigt stor friktion som orsakar tryckförlust och energi uppkommer (Iwars, 1992). Man bör även beakta rörledningens tryckklass så att den inte överskrider när man jobbar med höga tryck. Om en plastledning t.ex. benämns "PN 10" får inte det maximala trycket överskrida 10 bar (Hörndahl, 2006). Vid låga TS-halter kan man få dålig sammanhållning mellan partiklarna och detta leder i sin tur till att så kallade partikelflockar kan bildas och orsakar då ett stopp i röret. Detta fenomen uppkommer lättare i plaströr än i stålrör, då plasten är slätare och påverkar gödseln mindre (Iwars, 1992).



Tabell 1. Minimihastigheten i meter per sekund vid transport av flytgödsel i rörledning för att undvika separation (Iwars, 1992)

Rörets diameter (mm)	Svinggödsel (TS $\leq$ 10 %)	Nötgödsel (TS $\leq$ 6 %)
80	0,38	0,32
100	0,45	0,36
125	0,55	0,40
150	0,60	0,45
175	0,65	0,48
200	0,75	0,50
250	0,80	0,55
300	0,90	0,58
400	1,00	0,65

I ovan refererad text från Iwars, (1992) bör tilläggas att hans undersökning är gjord utifrån gödseltransport. De grundläggande principerna är dock samma som för rötresttransport men små skillnader kan förekomma. Iwars har inte gjort någon separationsstudie på rötrest och en sådan skulle i så fall kunna skilja sig mot gödselns egenskaper.

I Sverige förekommer den mesta transporten av gödsel och rötrest med traktor och lastbil men i Danmark är det mer vanligt att man pumpar gödseln och rötresten i rörledning. Detta är troligen en konsekvens av att man i Danmark har mer små byar som är olämpliga att passera med stora fordon samt att stora mängder gödsel skall förflyttas från den intensiva djurproduktionen. Man använder sig här oftast av PVC ledningar med en dimension av 160 mm och transporterar gödsel till biogasanläggningen och rötrest tillbaka till lantbrukaren i samma rör. Detta har visat sig fungera väl. På en gård i Danmark säger man att flödes hastigheten i rören bör ligga på 1 m/s för att förhindra stopp. Här pumpas rötresten 3-4 km utan problem (Berg, 2000).

De system som byggs i Sverige idag för oseparatorad gödsel, byggs främst med PVC plaströr med en ytterdiameter på minst 160 millimeter, klenare system förekommer dock. Detta för att man inte skall få så stora tryckförluster i rören vid längre pumpavstånd samt att förhindra stopp i ledningen. PVC plaströr har en klenare godstjocklek än PE-rör eller PEM slang som är gjort av polyeten. Man får då en större innerdiameter i PVC-rör än i PE-rör vid samma ytterdiameter (Jönsson, 2007) Om man pumpar gödseln till en plats som ligger på en högre eller lägre nivå i förhållande till ursprungslagret måste man även ta hänsyn till denna höjdskillnad. 10 meters höjdskillnad ger cirka 1 bar eller 100 kPa tryckskillnad (Hörndahl, 2005). Man bör tillägga att dessa system är byggda för gödsel och inte för biogasrötrest. Mycket erfarenhet av rötrestpumpning finns inte i Sverige än (Jönsson, 2007).

Ett ledningsprojekt som vid skrivande stund precis har provkörts är ett vid NSR i Helsingborg. NSR är Norra Skånes Renhållnings AB och har en egen biogasanläggning där man rötar olika typer av avfall. Man har under vintern 2006-2007 grävt ner en rörledning från biogasanläggningen vid Filborna i Helsingborg ut till 4 lagringsbrunnar som lantbrukarna i området äger. Ledningens totala längd är cirka 10 km och projektet

har kostat cirka 8 miljoner varav 2,5 miljoner är bidrag från Naturvårdsverket, så kallade KLIMP-pengar. Man kan dock inte göra någon utvärdering av systemets funktion än, då man än så länge precis bara har provkört i några veckor (Hansson, 2007). Detta projekt är lite unikt dels för att det är det första i Sverige av denna omfattning där man pumpar biogasrötrest och dels för att man i denna ledning pumpar med väldigt låga flödeshastigheter. Innan projekteringen av ledningssystemet startade, gjordes en studie där man tittade mycket på sedimentering av den aktuella rötresten och man konstaterade att man utan problem kan gå ner till 0,4 m/s i flödeshastighet. Man konstaterade även att TS-halten hade mycket stor betydelse för friktionsförlusterna i ledningen. Man kommer att ha cirka 4,5 % i TS-halt i detta system men hade man gått upp mot 5 %, hade man behövt helt andra krav på ledningen. Den ledningen som lagts ner är en plastledning med ytterdiameter 110mm och innerdiameter 90mm (Wiberg, 2007).

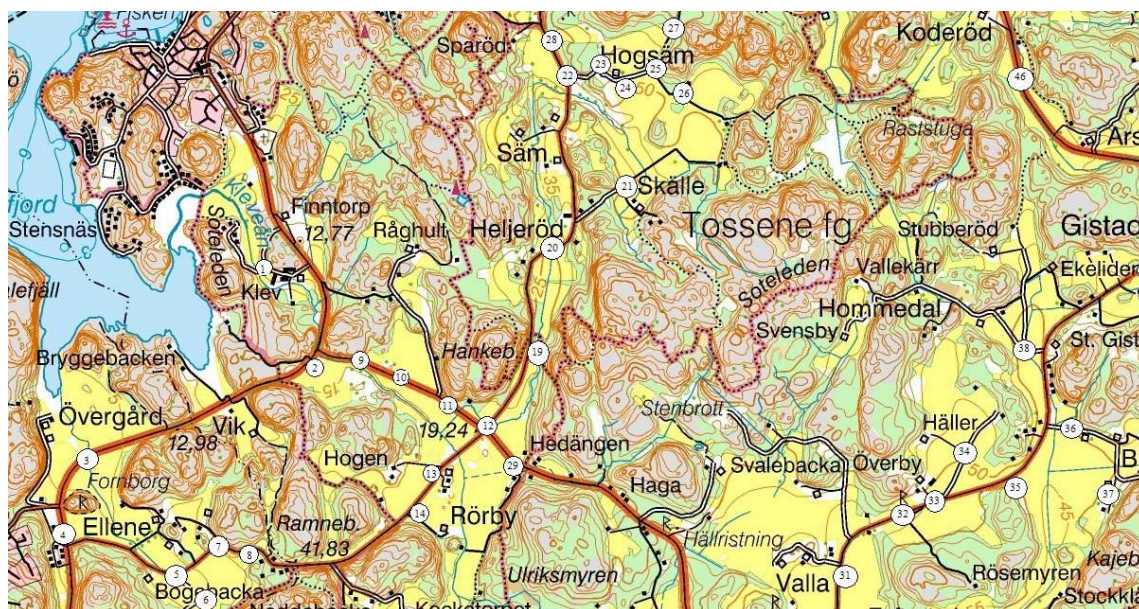
Om man skall pumpa rötresten bör man vid val av pump tänka på att ha en som inte tar skada av större fasta partiklar samt som klarar de höga tryck som erfordras. När det gäller energiförbrukningen vid pumptransport av gödsel visar en dansk undersökning går det bara gå åt 1/20 av energin vid pumptransport jämfört med transport på väg. På Studsgårds biogasanläggning i Danmark förbrukar man 0,5 kWh/ton vid rörtransport och 11 kWh/ton vid vägtransport (Berg, 2000).

## MATERIAL OCH METOD

För att kunna göra en jämförelse mellan ett traditionellt gödselbeflyttningssystem med tankvagn med vägtransport och ett system med rör, där man pumpar ut biogasrötresten, så var jag tvungen att ta reda på vad gödseltransporterna idag kostar. Jag har därför gjort en tidsstudie, där jag tagit tiden mellan olika platser och räknat på hur lång tid det tar att transportera gödsel idag med gårdens flytgödseltankvagn till gårdens alla fält. Man har för avsikt att även i framtiden ha samma typ av tankvagn och traktor, så dessa förutsättningar ändras inte även om rötrestmängden som skall spridas blir betydligt större. Genom att mäta den tiden som gödseltransporten tog på vägen, kan jag sedan göra en beräkning på vad man skulle spara om man slapp denna vägtransport.

## TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID TIDTAGNING

Jag har använt mig av den medelhastighet som normalt är uppmätt på gården vid vägtransport med gårdens flytgödslekipage. Sedan har jag kört alla de sträckor som finns mellan den platsen där biogasproduktionen är tänkt att ligga och alla de fält där det är tänkbart att sprida rötresten. Jag använde en GPS-motagare på det fordon jag körde med för att verkligen vara säker på att jag hade rätt hastighet. På en befintlig karta från lantmäteriet har jag markerat alla de platser där tidtagning har skett (se figur 1). En tydligare karta finns i Bilaga D och E.



Figur 1. De vita punkterna är de platser där tidtagning skedde. Alltså finns en tid mellan varje punkt. De gula fälten runt punkterna är gårdens åkerarealer.

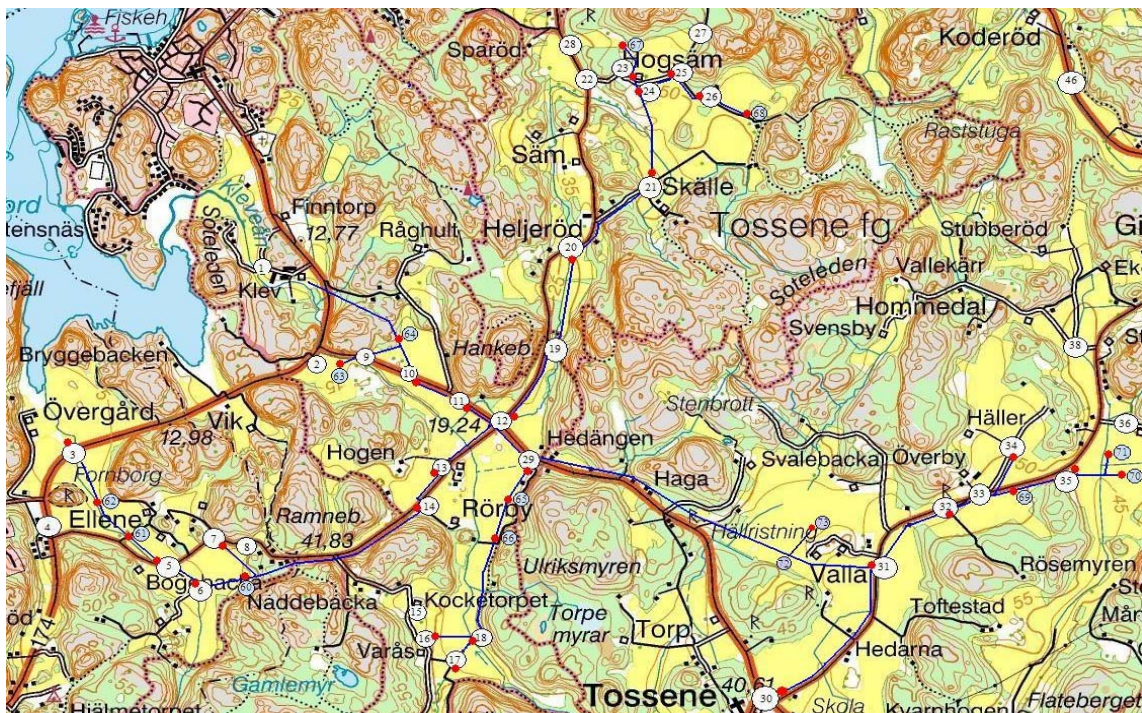


## BERÄKNINGAR AV TRANSPORTTIDER

När all tidtagning var färdig och registrerad började arbetet med att beräkna tidsåtgången för transporten. Först fick jag räkna ut hur lång tid transporten från den tänkta biogasanläggningen till varje punkt tog, innan fanns bara tiderna mellan punkterna som redovisas i bilaga A. Dessa data användes sedan för att räkna ut vägtransportsträckan till varje skifte. Jag gjorde då först en skiftesförteckning med arealer. Vissa skiften delades upp då transportvägen var olika till olika delar av skiftet. Till vissa skiften lades en tilläggstid på transportsträckan om extra transportsträcka behövdes för att nå fram, exempelvis vid lång transport på fältet. Dessa tidsberäkningar redovisas i bilaga B. Alla tidsberäkningar på vägtransportsträckan utgår från den extratid man lägger på transporten jämfört med om rötresten kommer till fältkant i en mobil container. Alltså den tidsbesparing som framgår i bilaga B, är den besparade tiden för själva transporten jämfört med rörtransport. Om man skall sprida de cirka 7300 m<sup>3</sup> rötrest som jag räknat med på den tänkta arealen, får man cirka 30 m<sup>3</sup> per hektar. Dessa 30 m<sup>3</sup> samt tankvagnens storlek är med under parametrar i bilaga B. Detta för att jag skulle kunna räkna ut antal lass per skifte och slutligen den besparade tiden.

## LEDNINGSNÄTET

Då jag räknat ut den besparade tiden var det dags att börja projektera hur det tänkta ledningsnätet kan se ut. Jag använde då samma karta från lantmäteriet och ritade ut ett tänkt ledningsnät, (se figur 2). En tydligare karta finns i bilaga D.



Figur 2. De blå linjerna är det tänkta ledningsnätet och de röda punkterna är hydranter.

Jag har på denna karta kvar de vita referenspunkterna som användes vid tidtagningen, då hydranter som på kartan är markerade med röda punkter sammanfaller med dessa. På de ställen där jag tänkt mig placera hydranter men där vit referenspunkt saknas, har jag gjort en blå referenspunkt som visar hydrantens position. För att ta reda på ledningens längd har jag använt Länsstyrelsens kartprogram "Länskartor" som finns på Internet. Dessa längder finns redovisade i bilaga C. Om en biogasanläggning skall byggas, är det av stort intresse att så stor mängd av rötresten som möjligt skall kunna spridas på våren. För att detta skall vara möjligt krävs att cirka 7000 m<sup>3</sup> kan lagras på samma gång, alltså nästan en årsproduktion. För att slippa pumpa hela sträckan på en gång samt att inte behöva ha kapaciteten i ledningen som krävs vid spridning, vore det bäst att placera mellanlager ute vid de största spridningsarealerna. Dessa mellanlager bör vara placerade vid följande referensnummer i bilaga D och med följande storlekar för att stämma överens med arealerna:

Nr: (1)	1400 m <sup>3</sup>
Nr: (6)	1000 m <sup>3</sup>
Nr: (12)	2000 m <sup>3</sup>
Nr: (23)	600 m <sup>3</sup> (lite för liten men finns redan)
Nr: (30)	1000 m <sup>3</sup>
Nr: (33)	1000 m <sup>3</sup>

Sammanlagt blir detta 7000 m<sup>3</sup>. Det som produceras efter vårbruket och under vallskörden kan köras ut direkt, därför behövs inte riktigt 12 månaders lagringstid. Mellanlager nummer (33) i bilaga D är tänkt att använda till de skiften som ligger söder om detta mellanlager. Dessa arealer är rätt små och ligger långt ifrån varandra. Därför är det inte aktuellt i ett första skede att gräva ner ledning till dessa utan transport får ske med tankvagn från mellanlagret till skiftena.

I bilaga C kan man se vilken höjdskillnad som finns mellan olika platser på gården, där jag utgår med värdet 0 meter där biogasanläggningen ligger. Man får alltså bara på grund av höjdskillnaden 5 bars tryckfall om man pumpar hela vägen från biogasanläggningen till högsta punkten. Man kan dock välja att dela upp pumpsträckorna vilket ger kortare ledningar och mindre höjdskillnad. I så fall pumpar man till det större mellanlagret nr: (12) i bilaga D och flyttar sedan pumpen dit för att fortsätta transporten till de mellanlagren som ligger längre bort. Detta fodrar mer arbete men mindre investeringskostnad i pumpar och rörledningar.

När jag skulle räkna ut ledningsnätets kostnad, tog jag in priser från olika leverantörer av slang och rör i aktuella dimensioner. Jag har tagit in priser på från tre företag. "Astimac AB" (Jönsson, 2007) säljer PVC-rör med följande ytterdiameter och tryckklass. Med en valutakurs på 9,3 sek/euro är priserna på deras ledningar följande:

- PVC 110mm, PN 10      49 kr/meter
- PVC 110mm, PN 12,5    60 kr/meter
- PVC 160mm, PN 10      104 kr/meter
- PVC 180mm, PN 10      132 kr/meter

”WaterBoys” (Johansson, 2007) säljer PEM-slang (polyetenslang) med följande ytterdiameter och tryckklass.

- PEM 110mm, PN 10 ca: 80 kr/meter
- PEM 125mm, PN 10 ca: 105 kr/meter
- PEM 140mm, PN 10 ca: 130 kr/meter

”Dahl” genom Klevs Lantbruk HB (Christensson, 2007) säljer också PEM-slang med följande ytterdiameter och tryckklass.

- PEM 125mm, PN 10 ca: 61 kr/meter
- PEM 140mm, PN 10 ca: 77 kr/meter
- PEM 160mm, PN 10 ca: 98 kr/meter

Efter att studerat priserna valde jag att använda PEM-slang (slang av plastmaterialet Polyeten) och gjorde en egen bedömning på vad utläggningsarbete och skarvning av slangen skulle kosta. Jag väljer att inte gräva ner slangen om inte detta är nödvändigt. PEM-slang är något dyrare totalt sett men klarar att ligga ovanpå marken samt att den inte är känslig för frost. Den svårgrävda terrängen gör också att PEM-slang är ett bättre alternativ. Man kan tillägga att de områden där det är lättgrävt kan man lägga PVC-rör men då får man beakta att ledningen verkligen måste vara tom när det är frost om man inte lägger den på frostfritt djup.

## RESULTAT

För att komma fram till kostnaden för ledningsnätet gjorde jag först en investeringskalkyl. Denna redovisas i tabell 2. I denna har jag först tagit med kostnaderna för själva PEM-slangen. Dimensionerna har jag bedömt ut ifrån litteraturstudien. Man bör dock kommentera att ledningen (12-3) har ett mellanlager på mitten, så hela sträckan behöver inte pumpas på en gång. Efter kolumnerna för slangkostnader finns den uppskattade kostnaden för arbete, material och skarvning. I denna ligger även kostnaden för utläggning av slangen och de snabbkopplingar som behövs. Slangen kommer i 12 meters längder och svetsas ihop med en beräknad kostnad på 200 kr per skarv. I fältet för "Traktorpump" är kostnaden för en vanlig traktorpump som ger 10 bars tryck som har en egen motor som driver den. Detta för att slippa låsa upp en traktor för detta arbete.

Tabell 2. Investeringskalkyl för rörsystemet med PEM-slang, slangtillbehör och pump.

(Nr)	Dellängder totalt	Diameter	Längd	a-pris/m	Arbete, material & skarvning	Totalt
1-12	Klev - Rörby	140/115	1250	77 kr	21 000 kr	117 250 kr
12-68	Rörby - Hogsäm	160/130	2780	98 kr	46 000 kr	318 640 kr
12-16	Rörby - Varås	125/102	1550	61 kr	26 000 kr	120 550 kr
12-3	Rörby - Ellene	125/102	2840	61 kr	47 000 kr	220 740 kr
12-70	Rörby - Bjällane	160/130	3700	98 kr	62 000 kr	424 600 kr
31-30	Valla - Tossene	140/115	995	77 kr	17 000 kr	93 615 kr
	Små avstickare	125/102	1450	61 kr	24 500 kr	112 950 kr
<b>Total rörlängd:</b>			<b>14565</b>		<b>Rörkostnad:</b>	<b>1 408 345 kr</b>
						Traktorpump: 100 000 kr
<b>Total investeringskostnad:</b>						<b>1 508 345 kr</b>

I tabell 3 redovisas en medelårskalkyl med de ingångsvärden som jag fått från tabell 2. I medelårskalkylen har alla kostnader tagits med som rör själva pumptransporten med givna förutsättningar. Dieselkostnaden är beräknad på att man pumpar all gödsel 2 gånger. Först till mellanlager nr: (12) i och sedan transporteras den där ifrån till de övriga lagren. Dieselpriiset är satt till 6 kr litern vilket är dagspris med skatteavdrag vilket ger en energikostnad på 0,6 kr/m<sup>3</sup> pumpad gödsel enligt litteraturstudien. I och med att jag räknar med låga TS-halter på runt 5 %, räknar jag i energiberäkningen med att ett ton rötrest är lika med en m<sup>3</sup> (nästan all vikt är vatten med densiteten 1000 kg/m<sup>3</sup>). Arbetskostnaden vid pumptransporten i tabell 3 har jag delat upp i två delar. Den första raden visar arbetskostnaden för att flytta den container som skall fungera som ett mobilt lager vid spridning på vissa ställen. Den andra raden visar arbetskostnaden för den person som skall övervaka systemet vid spridning. Jag har räknat med att en person hela tiden behöver övervaka systemet så att allt fungerar som det ska. Så när han inte flyttar containern så håller han koll på pump, ledningssystem och omrörning. Spridningstiden är framräknad genom att jag i snitt sprider 60 m<sup>3</sup> i timmen. Under medelårskalkylen är

en lönsamhetskalkyl gjord i tabell 4. Där jämförs en inbesparade kostnaden med kostnaden för rörsystemet från medelårskalkylen.

Tabell 3. Medelårskalkyl för rörsystemet

<b>Förutsättningar</b>			
Avskrivningstid (år):	20		
Kalkylränta:	5 %		
Spridningstid vid pumpning (h):	122		
<hr/>			
Avskrivning:			75 417 kr
Ränta:			45 250 kr
Underhåll:			20 000 kr
Dieselskostnad till pump:	14772 m <sup>3</sup>	0,6 kr/m <sup>3</sup>	8 863 kr
<b>Arbete</b>	<b>Tid (h)</b>	<b>a-pris(kr/h)</b>	
Traktor med krokväxlare:	20	700	14 000 kr
Extra arbete:	102	210	21 420 kr
<b>Total årskostnad:</b>			<b>184 951 kr</b>

Tabell 4. Lönsamhetsanalys av rörsystemet jämfört med vägtransport.

<b>Lönsamhetsanalys</b>			
	<b>Tid (h)</b>	<b>a-pris (kr/h)</b>	<b>Totalt</b>
Transport med tankvagn:	144,2	800	115 368 kr
Årskostnad för rörsystem från medelårskalkylen			184 951 kr
<b>Vinst / Förlust</b>			<b>-69 583 kr</b>

Med tanke på den stora förlusten är detta inte ett system som är värt att satsa på. Jag vill ändå undersöka vad som händer lönsamhetsmässigt om man bara pumpar rötresten den första sträckan till mellanlager nr: (12) i bilaga D. Man får då en betydligt mindre investering men i stort sett all rötrest skall ändå pumpas till detta mellanlager. Investeringskalkylen, tabell 2, belastas då bara med investeringen för ledningen (1-12) och pumpinvesteringen. Det totala investeringsbehovet blir då 217 250 kr. Medelårskalkylen för den investeringen redovisas i tabell 5. I denna kalkyl pumpas all rötrest till mellanlager nr: (12) i bilaga D förutom den som tas ut på vägen till de skiften som ligger mellan biogasanläggningen och mellanlagret. Det är endast till dessa skiften som krokväxlervagnen och den extra arbetstiden är räknad. Dieselskostnaden till pumpen är också lägre, då man bara behöver pumpa rötresten en gång.



Tabell 5. Medelårskalkyl, endast räknat på sträckan (1-12) i Bilaga D

<b>Förutsättningar</b>			
Avskrivningstid (år):	20		
Kalkylränta:	5%		
Spridningstid vid pumpning (h):	8		
Avskrivning:			10 863 kr
Ränta:			6 518 kr
Underhåll:			3 000 kr
Dieselskostnad till pump:	7386 m <sup>3</sup>	0,6 kr/m <sup>3</sup>	4 432 kr
	<b>Tid (h)</b>	<b>a-pris (kr/h)</b>	
Traktor med krokväxlare:	1,5	700	1 050 kr
Extra arbete:	6,5	210	1 365 kr
<b>Total årskostnad:</b>			<b>27 227 kr</b>

Tabell 6. Lönsamhetsanalys för ledningen (1-12) i Bilaga D jämfört med vägtransport

<b>Lönsamhetsanalys</b>			
	<b>Tid (h)</b>	<b>a-pris (kr/h)</b>	<b>Totalt</b>
Transport med tankvagn:	71,8	800	57 447 kr
Årskostnad för rörsystem (1-12) från medelårskalkylen			27 227 kr
<b>Vinst / Förlust</b>			<b>30 220 kr</b>

Lönsamhetsanalysen i det här fallet redovisas i tabell 6. Här är den insparade transportkostnaden endast räknad på den tiden man sparar på vägtransporten mellan biogasanläggningen och mellanlager nr: (12) i bilaga D. Detta ger då ett positivt resultat på cirka 30 000 kr om året.

## DISKUSSION

Min frågeställning inför det här projektet var ju om det är lönsamt med rörtransport av biogasrötrest på den aktuella gården och liknande gårdar med liknande förutsättningar. En första slutsats är att det beror på en rad olika faktorer. En stor faktor som måste utredas vidare är hur olika typer av biogasrötrest beter sig i rörsystem med tanke på separation och friktionsförlust. Detta är helt nödvändigt att undersöka för att veta hur man skall dimensionera sådana här system i framtiden. Åsikterna är idag som jag ser det väldigt olika och mer fakta behövs. Systemet som jag räknat på är ett liknande det som är byggt vid NSR i Helsingborg men jag tror att min rötrest blir något mer svårpumpad med tanke på den stora mängd grönmassa som skall rötas. Därför har jag dimensionerat ledningen med något grövre dimensioner än man har gjort vid NSR, främst på de sträckor som är långa med stor höjdskillnad. Detta är dock bara en uppskattning men bör stämma ungefär med de rekommendationer jag fått genom litteraturstudien. Om mina investeringskostnader stämmer någorlunda så kan man dra följande slutsatser från mitt resultat:

- Det är mängden rötrest som pumpas genom ledningen som i första hand avgör om det är lönsamt eller ej, transportsträckan är av mindre betydelse.
- Om man skall bygga ett komplett rörsystem på en gård med liknande arrondering som denna, krävs mycket stora mängder som skall spridas för att det skall bli lönsamt.
- En bra metod kan vara att köpa en pump och lägga en ledning på de sträckor där den största mängden pumpas. Här kan det bli god lönsamhet rätt snabbt även om transportsträckan till denna plats inte är så lång. Man slipper då även transporter inne på gården om det är där biogasanläggningen ligger.
- Mellanlager bör byggas ute vid fälten för att inte behöva ha för grov dimension på ledningen, speciellt om stor höjdskillnad finns mellan fälten på gården som i det här fallet.

De generella samband jag ville komma fram till i den här studien har varit svåra att skapa med tanke på alla de faktorer som spelar in. Jag kan ändå ge ett samband som borde kunna ge en fingervisning om pumpmängder, efter att ha experimenterat med siffrorna i mina kalkyler. Jag har alltså undersökt hur mycket man måste pumpa för att resultatet i lönsamhetsanalysen skall bli noll. Om man som i det här fallet först måste transportera hela gödselvolymen en viss sträcka, då rörsträckan och vägsträckan är ungefär lika lång, då räcker det att transportera cirka 2200 m<sup>3</sup> per år den här sträckan för att rörledningen skall betala sig. Denna mängd gäller för den första kilometern. Till detta kommer pumpens kapitalkostnad, på cirka 100 000 kr som är en relativt fast kostnad oavsett hur långt man pumpar. Om samma volym skall pumpas längre, sjunker mängden rötrest som måste pumpas för att kalkylen skall gå ihop med ett par hundra kubikmeter per kilometer vägsträcka trots att rördimensionen då blir grövre. Dessa siffror är inte alls provade i andra kalkyler men man borde kunna använda dem som ett utgångsvärde.

För att kalkylen skall gå ihop om man bygger ett rörsystem till alla skiften, då behöver man pumpa cirka 12 300 m<sup>3</sup> per år. Detta ger en giva på 50m<sup>3</sup>/ha och kräver då att man producerar vall på nästan halva arealen och det är i dagsläget orimligt. Man kan också vända på det hela och säga att den transportkostnaden för vägtransport som idag är satt

till 800 kr/timme måste vara 1300 kr/timme för att få en lönsam kalkyl. Med dagens dieselpriis, arbetskostnad och kapitalkostnad är det rätt långt kvar dit.

En aspekt som jag inte beaktat är hur koldioxidutsläppen påverkas. Detta borde inte vara så svårt att räkna på för själva dieselåtgången vid pumpning och transport men skall det vara helt riktigt bör man ju även ta med utsläpp för tillverkning av däck och tillverkning av slangen i rörsystemet. Om den danska gårdens undersökning i litteraturstudien stämmer, då bör även koldioxidutsläppen vid pumpning bli cirka 1/20 av de utsläpp som blir vid transport i och med att bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp följer varandra, här är ju dock bara dieselåtgången beaktad.

Jag vill också säga att man inte ska låsa fast sig till vissa platser när man bygger biogasanläggningar med denna omfattning. Om man har en mindre djurproduktion som på den här gården kan det vara bättre att lägga biogasanläggningen centralt där rötresten skall spridas, och sedan pumpa eller köra gödseln från djuren till biogasanläggningen. Detta kan spara mycket pumpning och transport av ensilage. Man bör även se över möjligheten att söka investeringsstöd för ett projekt som detta. Det kan finnas pengar både i EU:s landsbygdsprogram och hos Naturvårdsverket.

Slutsatsen som jag drar av mitt arbete är att det är viktigt att först ta reda på var man kan spara in de stora pengarna. Som i det här fallet kom jag fram till att en måttlig investering på rätt ställe kan ge stora besparingar. Det är bättre att bygga i etapper för att inte få för höga kapitalkostnader på en gång. De sträckor som är olönsamma att bygga pumpledning på idag kan bli lönsamma i framtiden. Man bör alltså med jämna mellanrum göra nya lönsamhetsanalyser för att optimera lönsamheten för transporter av det här slaget.

## REFERENSER

Berg, J., 2000, Lagring och hantering av rötresten från storskaliga biogasanläggningar. Uppsala, Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI-rapport Kretslopp och avfall 22.

Christensson, H., 2007, Klevs Lantbruk HB, personlig kommunikation maj 2007

Hansson, K., 2007, Norra Skånes Renhållnings AB (NSR), personlig kommunikation maj 2007

Hörndahl, T., 2005, Formel- och tabellsamling i lantbruksteknologi, andra upplagan. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi

Hörndahl, T., 2006, Odlingsblocket, teknik våren 2006. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi

Iwars, U., 1992, Transport av flytgödsel i rörledning. Uppsala, Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI-rapport 143.

Johansson, T., 2007, WaterBoy AB, personlig kommunikation maj 2007

Jönsson, H-G., 2007, Astimac AB, personlig kommunikation april - maj 2007

Wiberg, M., 2007, Griab Helsingborg, personlig kommunikation maj 2007

## Bilaga A – Tidsberäkning mellan olika referenspunkter

Sträcka	Från Referenspunkt	Till Referenspunkt	Tid (min,s)	Tid (s)	Tid (h)
A	1	2	2,10	130	0,036
B	1	3	4,10	250	0,069
C	1	4	4,20	260	0,072
D	1	5	5,30	330	0,092
E	1	6	5,50	350	0,097
F	1	7	6,00	360	0,100
G	1	8	6,10	370	0,103
H	1	9	2,20	140	0,039
I	1	10	2,40	160	0,044
J	1	11	3,20	200	0,056
K	1	12	3,30	210	0,058
L	1	13	4,10	250	0,069
M	1	14	4,30	270	0,075
N	1	15	6,20	380	0,106
O	1	16	6,30	390	0,108
P	1	17	7,20	440	0,122
Q	1	18	7,50	470	0,131
R	1	19	4,30	270	0,075
S	1	20	5,30	330	0,092
T	1	21	6,50	410	0,114
U	1	22	6,50	410	0,114
V	1	23	7,20	440	0,122
W	1	24	8,00	480	0,133
X	1	25	8,20	500	0,139
Y	1	26	9,00	540	0,150
Z	1	27	8,50	530	0,147
Å	1	28	7,10	430	0,119
Ä	1	29	3,50	230	0,064
Ö	1	30	6,50	410	0,114
A1	1	31	8,20	500	0,139
B1	1	32	9,10	550	0,153
C1	1	33	9,20	560	0,156
D1	1	34	10,20	620	0,172
E1	1	35	10,00	600	0,167
F1	1	36	10,50	650	0,181
G1	1	37	12,10	730	0,203
H1	1	38	11,20	680	0,189
I1	1	39	12,10	730	0,203
J1	1	40	9,40	580	0,161
K1	1	41	11,10	670	0,186
L1	1	42	11,50	710	0,197
M1	1	43	6,30	390	0,108
N1	1	44	7,60	480	0,133
O1	1	45	9,30	570	0,158
P1	1	46	10,40	640	0,178
Q1	1	47	11,50	710	0,197

## Bilaga B – Beräkning tidsbesparing

### Parametrar för nedanstående beräkningar:

- Tankvagnens volym:  $12\text{m}^3$
- Gödselmängd/hektar och år:  $30\text{m}^3$

Skifte	Areal (ha)	Sträckor		Tid (h)		Tilläggstid på fältet (h)		Antal lass	Summa tid/lass	Total tid
		Till fältet	Från fältet	Till fältet	Från fältet	Till fältet	Från fältet			
Bonnarna	3,3	A	A	0,036	0,036			8,25	0,072	0,60
G-sons - Pumphus	3,3	B	B	0,069	0,069			8,25	0,139	1,15
G-sons - Gården norr	4,1	B	B	0,069	0,069			10,25	0,139	1,42
G-sons - Keberget norr	2,0	B	B	0,069	0,069			5,00	0,139	0,69
G-sons - Keberget söder	4,5	C	C	0,072	0,072			11,25	0,144	1,63
G-sons - Gården söder	3,5	C	C	0,072	0,072	0,004	0,004	8,75	0,152	1,33
Ellene - Eken	0,4	D	D	0,092	0,092			1,00	0,183	0,18
Ellene - Arnes	2,7	D	D	0,092	0,092			6,75	0,183	1,24
Ellene - Stora	3,1	D	F	0,092	0,100			7,75	0,192	1,49
" "	5,0	E	G	0,097	0,103			12,50	0,200	2,50
Ellene - Hörmanders	3,0	E	D	0,097	0,092			7,50	0,189	1,42
Ellene - Skjutbanan	3,2	E	E	0,097	0,097			8,00	0,194	1,56
Ellene - Ullas	2,8	E	E	0,097	0,097			7,00	0,194	1,36
Ellene - Pelles	0,4	E	E	0,097	0,097			1,00	0,194	0,19
Ellene - Busskuren	0,5	D	D	0,092	0,092	0,004	0,004	1,25	0,191	0,24
G-sons - Anna Nordström	3,1	D	D	0,092	0,092	0,004	0,004	7,75	0,191	1,48
Klev - Maderna N	0,6	H	H	0,039	0,039			1,50	0,078	0,12
Klev - Maderna S	0,7	H	H	0,039	0,039			1,75	0,078	0,14
Fintorp - Maderna N	4,3	I	J	0,044	0,056			10,75	0,100	1,08
Fintorp - Maderna S	4,0	I	J	0,044	0,056			10,00	0,100	1,00
Råghult - Maderna	1,8	J	J	0,056	0,056	0,015	0,015	4,50	0,141	0,64
Råghult - Minkfarmen	1,6	J	J	0,056	0,056	0,015	0,015	4,00	0,141	0,56
Klev - Maderna Leifs	1,0	J	J	0,056	0,056			2,50	0,111	0,28
Allans	5,7	L	L	0,069	0,069			14,25	0,139	1,98
Jennys	4,0	M	M	0,075	0,075			10,00	0,150	1,50
Varås - stora	2,0	N	Q	0,106	0,131			5,00	0,236	1,18
" "	3,8	O	P	0,108	0,122			9,50	0,231	2,19
Varås - trekanten	3,0	Q	Q	0,131	0,131			7,50	0,261	1,96
Varås - småbitar	1,5	Q	Q	0,131	0,131			3,75	0,261	0,98
Heeängen - stora	2,5	K	K	0,058	0,058			6,25	0,117	0,73
Heeängen - lilla	1,5	K	K	0,058	0,058			3,75	0,117	0,44
Heeängen - mitten	2,7	K	R	0,058	0,075			6,75	0,133	0,90
Helgeröd - ladugård	1,5	S	S	0,092	0,092			3,75	0,183	0,69
Helgeröd - skolan	1,1	S	S	0,092	0,092			2,75	0,183	0,50
Helgeröd - sjukhemmet	0,7	S	S	0,092	0,092			1,75	0,183	0,32
Helgeröd - stora	1,8	S	S	0,092	0,092			4,50	0,183	0,83
Hogsäm - Olssons	3,2	T	T	0,114	0,114			8,00	0,228	1,82
Hogsäm - Träsgårdet	2,0	U	U	0,114	0,114			5,00	0,228	1,14
Hogsäm - Tanken	7,2	W	Y	0,133	0,150		0,008	18,00	0,291	5,24
Hogsäm - Haralds	5,2	W	W	0,133	0,133		0,008	13,00	0,275	3,57
Hogsäm - Thildas	6,4	W	W	0,133	0,133		0,008	16,00	0,275	4,39
Hogsäm - Ladugården	6,0	Z	V	0,147	0,122		0,006	15,00	0,275	4,13
Hogsäm - Kohagebiten	1,7	Å	Å	0,119	0,119			4,25	0,239	1,02

## Fortsättning Bilaga B

Skifte	Sträckor			Tid (h)		Tilläggstid på fältet (h)		Antal lass	Summa tid/lass	Total tid
	Areal (ha)	Till fältet	Från fältet	Till fältet	Från fältet	Till fältet	Från fältet			
Petersberg	9,0	Ä	Ä	0,064	0,064		0,012	22,50	0,140	3,15
Valla Ö	8,3	A1	A1	0,139	0,139			20,75	0,278	5,76
Valla V	8,0	A1	A1	0,139	0,139			20,00	0,278	5,56
Svalebacka	8,6	A1	A1	0,139	0,139			21,50	0,278	5,97
Överby - prästens	1,3	B1	B1	0,153	0,153			3,25	0,306	0,99
Överby - rösemyren	1,8	B1	B1	0,153	0,153			4,50	0,306	1,38
Överby - storuppsal	6,5	B1	C1	0,153	0,156		0,004	16,25	0,312	5,08
Överby - ladugården	2,0	C1	C1	0,156	0,156			5,00	0,311	1,56
Överby - mulkärr	4,7	C1	C1	0,156	0,156	0,004	0,008	11,75	0,323	3,80
Häller - stora	12,4	D1	D1	0,172	0,172			31,00	0,344	10,68
Häller - lilla	2,2	D1	D1	0,172	0,172			5,50	0,344	1,89
Överby - Vikingssons	6,3	E1	E1	0,167	0,167			15,75	0,333	5,25
Bjällane - lilla	1,1	F1	F1	0,181	0,181			2,75	0,361	0,99
Bjällane - konstnären	4,3	F1	F1	0,181	0,181			10,75	0,361	3,88
Bjällane - Jans	8,0	G1	G1	0,203	0,203			20,00	0,406	8,11
Möhällern - svinhus	5,3	Ö	Ö	0,114	0,114			13,25	0,228	3,02
Möhällern - huset	4,6	Ö	Ö	0,114	0,114			11,50	0,228	2,62
Ödstoft - Ulrikas	1,5	Ö	Ö	0,114	0,114			3,75	0,228	0,85
Ödstoft - Ö	3,1	Ö	Ö	0,114	0,114			7,75	0,228	1,77
Ödstoft - V	1,0	Ö	Ö	0,114	0,114			2,50	0,228	0,57
Röd	23,8	Ö	Ö	0,114	0,114			59,50	0,228	13,55
<b>Total areal:</b>	<b>246,2</b>							<b>Summa besparad tid:</b>		<b>144,21</b>

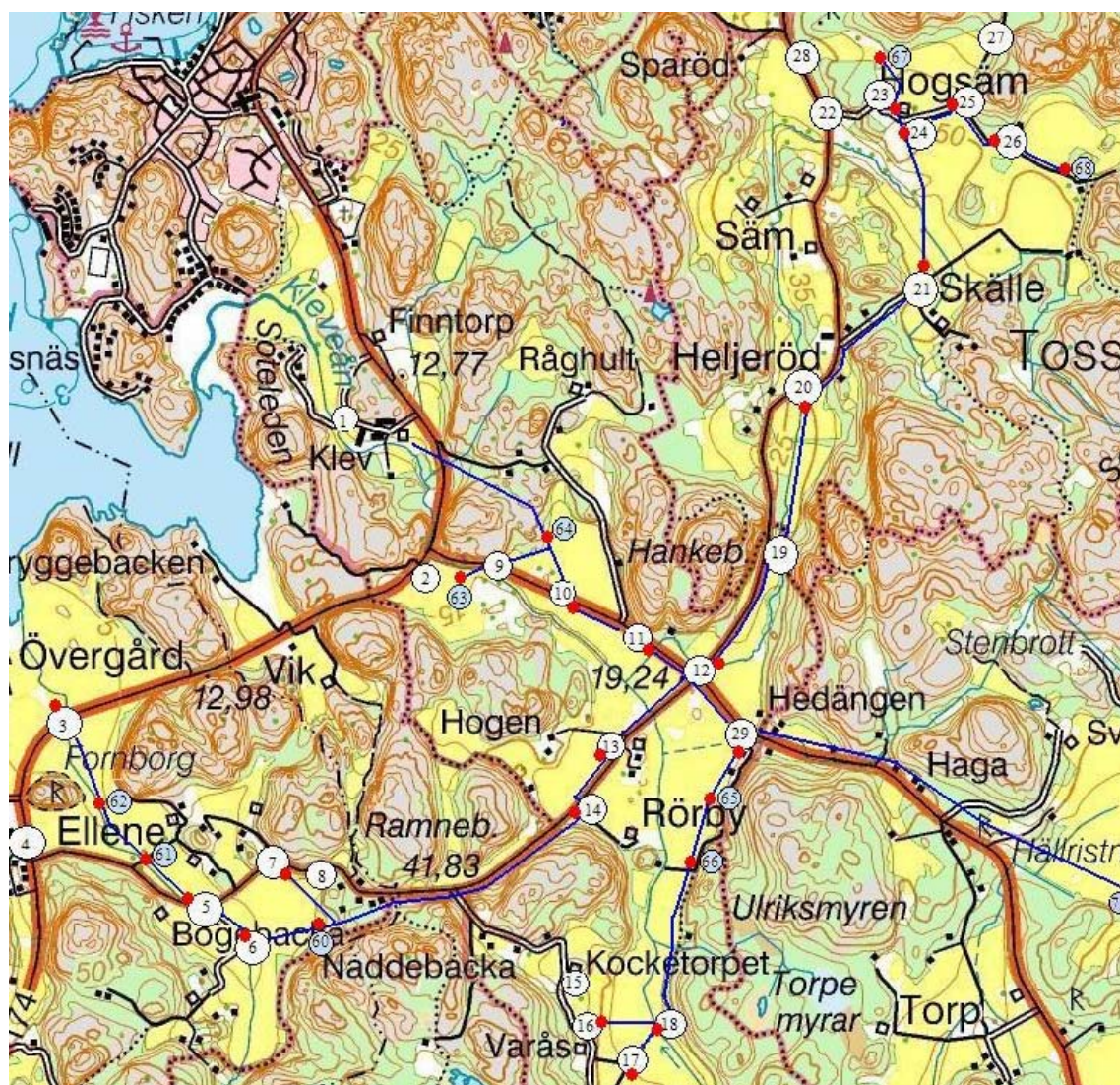
## Bilaga C – Rörledningens del- och totalsträckor

Ledning	Sträcka (m)	Ledning	Sträcka (m)
1 - 10	750	12-20	1020
10-11	330	20-21	600
11-12	170	21-24	540
12-13	340	24-23	140
13-14	270	23-67	140
14-60	980	24-25	170
60-6	250	25-26	200
6-5	180	26-68	250
5-61	270	29-31	2000
61-62	260	31-32	540
62-3	290	32-33	180
60-7	210	33-34	310
12-29	160	33-69	170
29-65	290	69-35	280
65-66	230	35-70	370
66-18	580	70-71	120
18-17	110	31-30	995
18-16	290	72-73	210
		64-63	370
		<b>Totalt:</b>	<b>14565</b>

(Nr)	Dellängder totalt	Dellängder från Rörby (nr 12)	Höjdskillnad (m)
1-12	Rörby 1250	-	10
1-68	Hogsäm 4030	2780	45
1-16	Varås 2800	1550	25
1-3	Ellene 4090	2840	10
1-30	Tossene 4405	3155	30
1-70	Bjällane 4950	3700	50



## Bilaga D – Västra delen





## Bilaga E – Östra delen



